



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

## ZAMĚŘENÍ PRO TVORBU ÚČELOVÉ MAPY KE KONTROLE HMMB V LOKALITĚ BRNO UL. JIŘÍKOVSKÉHO A ZACHOVA

MEASUREMENT AND CREATION OF THE THEMATIC MAP FOR A CHECK IN THE  
LOCALITY OF BRNO – JIŘÍKOVSKÉHO AND ZACHOVA STREET

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Veronika Přívětivá

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAKUB FORAL

BRNO 2019



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Veronika Přívětivá
Název	Zaměření pro tvorbu účelové mapy ke kontrole HMmB v lokalitě Brno ul. Jiříkovského a Zachova
Vedoucí práce	Ing. Jakub Foral
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

---

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

1. ČSN 013410, ČSN 013411, ČSN 730415, ČSN 730416.
2. Vyhláška č. 233/2010 Sb. o základním obsahu technické mapy obce
3. Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl ...
4. Metodický návod pro tvorbu mapových podkladů k projektování staveb, ČÚZK č.j. 2030/1984-21
5. Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.
6. Nevosád, Z. – Vitásek, J. : Geodezie I. Brno: Cerm, 1999. 87 s. ISBN 80-214-1152-X
7. Nevosád, Z. – Vitásek, J. : Geodezie III. Brno: Vutium, 2000. 140 s. ISBN 80-214-1774-9
8. Nevosád, Z. – Vitásek, J. - Bureš, J. : Geodezie IV. Brno: Cerm, 2002. 157 s. ISBN 80-214-2301-3
9. Oficiální stránka Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Dostupná na [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz)

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

1. Prostudování jednotlivých přístupů k řešení zadaného problému v literatuře a jejich rozbor pro teoretickou aplikaci v lokalitě.
2. Rekognoskace zájmového území a případně širšího okolí, opatření dostupných grafických a číselných podkladů.
3. Realizace nejvhodnější varianty měřické sítě.
4. Zaměření podrobných prvků ve stanoveném rozsahu a zpracování v grafickém systému MicroStation.
5. Souborné zhodnocení.
6. Požadované výstupy:
  - 6.1. Výkresová dokumentace území - lokalizace území v širších vztazích, dostupné body bodových polí a způsob jejich doplnění.
  - 6.2. Grafický výstup návrhu měřické sítě v lokalitě.
  - 6.3. Kontrolní kresba polohopisu a výškopisu lokality.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Jakub Foral  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je geodetické zaměření a následná tvorba účelové mapy ulic Jiříkovského a Zachova, které se nachází v Brně. Výsledná mapa v měřítku 1:500 může sloužit ke kontrole Hybridní mapy města Brna.

Měření je připojeno do závazných referenčních systémů. Práce popisuje všechny činnosti, které vedou ke zhotovení účelové mapy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

účelová mapa, Hybridní mapa města Brna, zaměření, polohopis, výškopis

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is the geodetical measurement and following creation of the thematic map of Jiříkovského and Zachova streets, which are situated in Brno. The outcome thematic map in the scale 1:500 can be used for a check digital maps of Brno.

The measurment was attached to the binding reference systems. The thesis describes the procedure of thematic map creation.

## **KEYWORDS**

thematic map, digital map od Brno, surveying, planimetry, altimetry



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Veronika Přívětivá *Zaměření pro tvorbu účelové mapy ke kontrole HMmB v lokalitě Brno ul. Jiříkovského a Zachova*. Brno, 2019. 51 s., 14 s. příl. Bakalářská práce.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce  
Ing. Jakub Foral

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Zaměření pro tvorbu účelové mapy ke kontrole HMmB v lokalitě Brno ul. Jiříkovského a Zachova* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2019

---

Veronika Přívětivá  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zaměření pro tvorbu účelové mapy ke kontrole HMmB v lokalitě Brno ul. Jiříkovského a Zachova* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2019

---

Veronika Přívětivá  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu této práce Ing. Jakubu Foralovi za cenné rady, připomínky a konzultace, bez kterých by tato práce nevznikla.

Dále bych chtěla poděkovat Michaele Pavlíkové za pomoc při měřických pracích.

V neposlední řadě děkuji mé rodině za podporu po celou dobu studia.

# OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Představení lokality.....	11
2.1	Lokalizace .....	11
2.2	Historie Masarykovy čtvrti .....	12
2.3	Ulice Jiříkovského a Zachova .....	13
2.3.1	Fotodokumentace lokality .....	14
3	Přípravné práce .....	15
3.1	Rekognoskace terénu .....	15
3.2	Rekognoskace bodového pole.....	15
3.2.1	Polohové bodové pole.....	16
3.2.2	Výškové bodové pole.....	17
4	Měřické práce.....	18
4.1	Přístrojové vybavení.....	19
4.1.1	Aparatura GNSS.....	19
4.1.2	Totální stanice .....	20
4.1.3	Nivelační přístroj.....	21
4.2	Pomocná měřická síť.....	22
4.2.1	Varianty řešení bodového pole.....	22
4.2.2	Realizace bodového pole.....	25
4.3	Podrobné měření .....	30
4.3.1	Náčrty geodetických údajů.....	32
4.4	Ověření přesnosti bodů PMS .....	33
5	Zpracovatelské práce.....	34
5.1	Export měřených dat .....	34
5.2	Výpočetní práce .....	34
5.2.1	Výpočet nivelačního zápisníku .....	34
5.2.2	Výpočet souřadnic měřených metodou GNSS.....	35
5.2.3	Výpočet podrobných bodů polární metodou.....	36
5.3	Ověření přesnosti podrobných bodů .....	37
5.3.1	Ověření přesnosti výšek podrobných bodů polohopisu .....	38
5.3.2	Výsledky ověření přesnosti souřadnic X, Y podrobných bodů.....	39
5.4	Tvorba účelové mapy.....	40
5.4.1	Výstupní výkresy .....	40

5.4.2	Kresba účelové mapy .....	41
6	Závěr .....	42
7	Seznam použitých zdrojů .....	43
8	Seznam použitých zkratk.....	45
9	Seznam obrázků .....	46
10	Seznam tabulek .....	47
11	Seznam příloh .....	48

# 1 Úvod

Předmětem této práce je geodetické zaměření a vyhotovení účelové mapy v lokalitě ulic Jiříkovského a Zachova, které se nachází ve statutárním městě Brno. Výsledná účelová mapa může sloužit ke kontrole HMmB (Hybridní mapy města Brna).

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. První část se týká přípravných a měřických prací. To zahrnuje zejména krátké seznámení s lokalitou, návrh vhodné konfigurace pomocné měřické sítě a volbu měřických metod a přístrojů. Dále jsou v této části popsány měřické práce. Souřadnice všech bodů pomocné měřické sítě jsou zaměřeny technologií GNSS, výšky jsou ověřeny nivelací. Podrobné body jsou určeny polární metodou v odpovídající hustotě, přičemž vyhovují třetí třídě přesnosti.

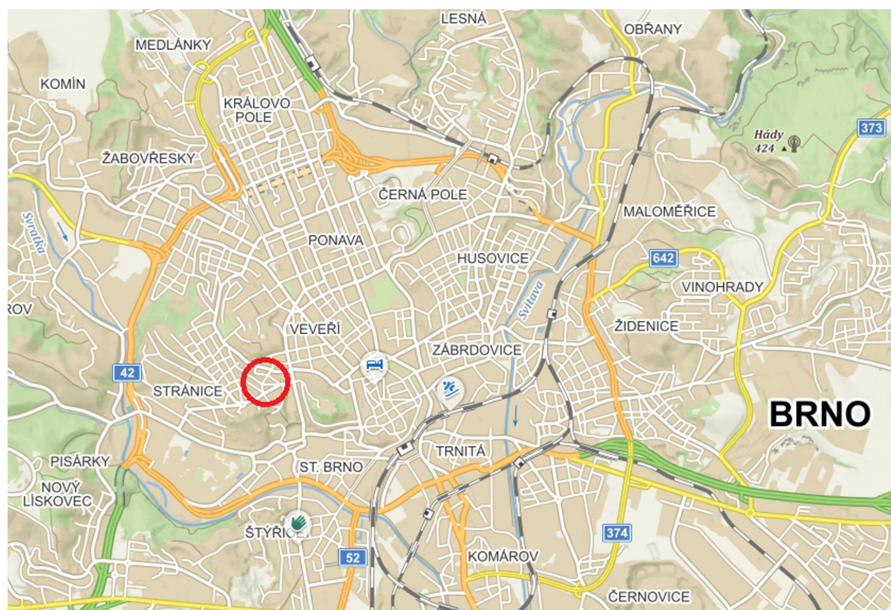
Druhá část popisuje zpracovatelské práce od výpočtu souřadnic podrobných bodů po vytvoření účelové mapy. Mapa je vytvořena v měřítku 1:500 v závazných referenčních systémech Bpv (Balt po vyrovnání) a S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální).

Měřické práce probíhaly v letech 2017 až 2019.

## 2 Představení lokality

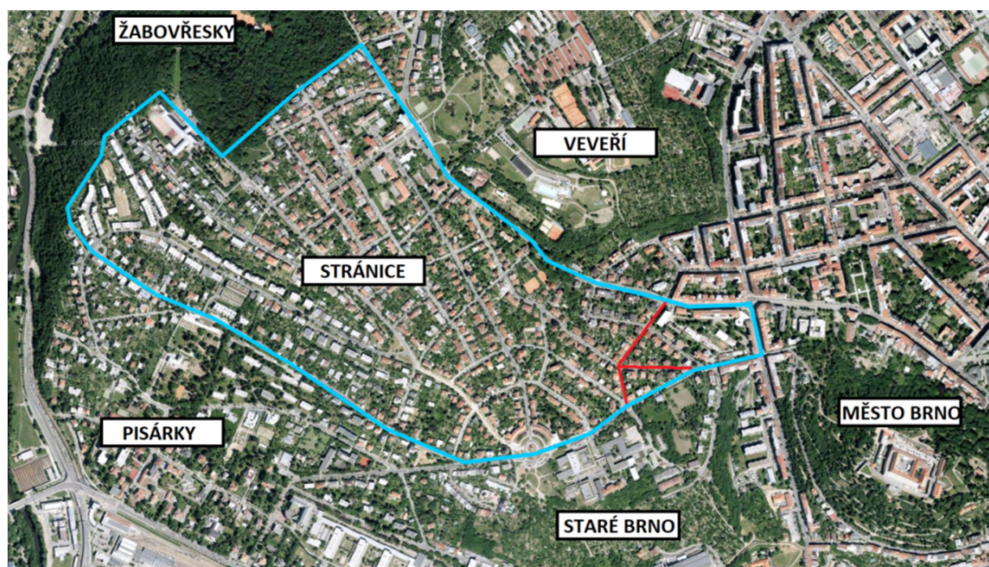
### 2.1 Lokalizace

Zadaná lokalita se nachází nedaleko centra statutárního města Brno v městské části Brno – střed. Tato oblast je nazývána jako Masarykova čtvrť.



Obrázek 1 - Lokalizace v rámci Brna [1]

Vymezení Masarykovy čtvrti je prakticky identické s katastrálním územím Stránice. Pro vyhotovení dokumentace lokality, případně její bezprostřední blízkosti, bylo změřeno několik podrobných bodů i v katastrálním území Staré Brno a Veverí. Katastrální území Stránice je ze severu ohraničeno okrajem Wilsonova lesa a Kraví horou, z jihu hraničí s ulicemi Tvrdého a Preslovou.

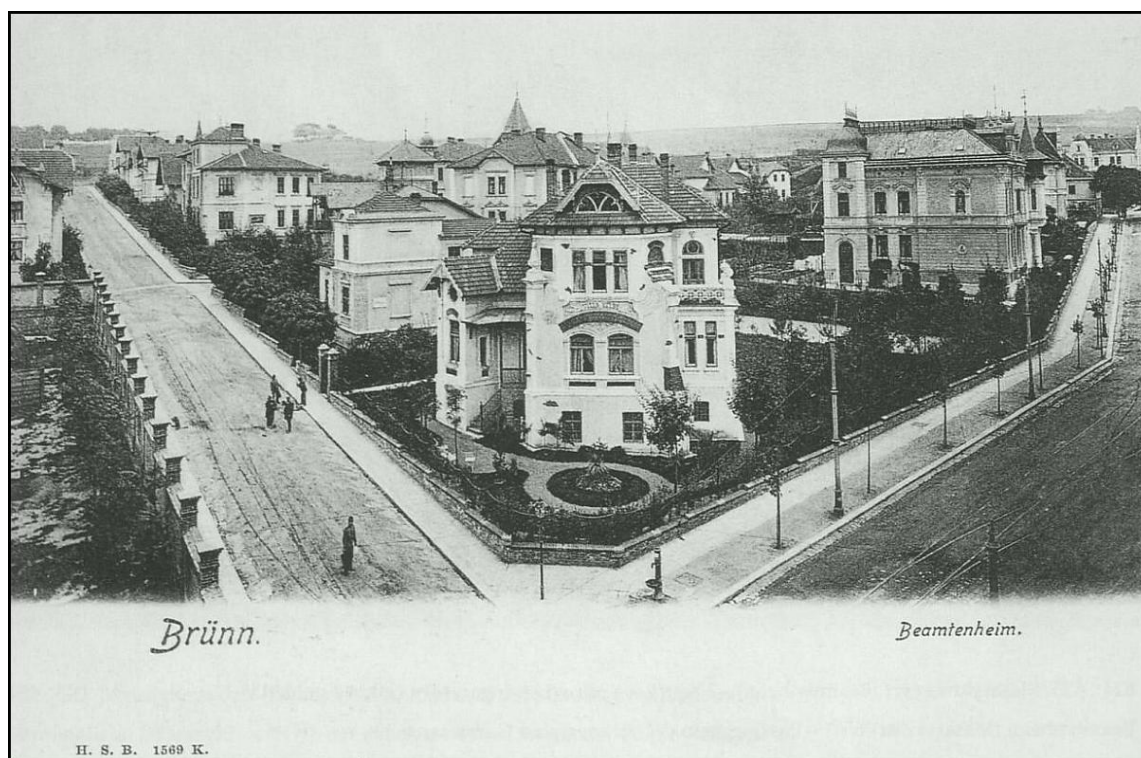


Obrázek 2 - Katastrální území. Modře je hranice k.ú. Stránice, červeně zájmové ulice. [2]

## 2.2 Historie Masarykovy čtvrti

Jedná se o rezidenční a vilovou zahradní čtvrť s hustou zástavbou, ale i přesto jde o poměrně klidnou lokalitu. Z obytného hlediska se jedná o jednu z nejkrásnějších částí statutárního města Brna.

Od 13. století zde byly zpravidla holé kopce, pastviny a vinice. Nacházelo se zde ale i několik průmyslových a vojenských objektů. Na přelomu 19. a 20. století se společně s rozšiřováním průmyslové výroby a s tím související příchod mas lidí začala rychle rozvíjet výstavba. Tento proces probíhal z centra města směrem ven, tj. od východu k západu Masarykovy čtvrti. Ulice Jiříkovského a Zachova se nachází na východě Masarykovy čtvrtě, čímž se řadí mezi nejstarší zástavby celé Masarykovy čtvrti. [3]

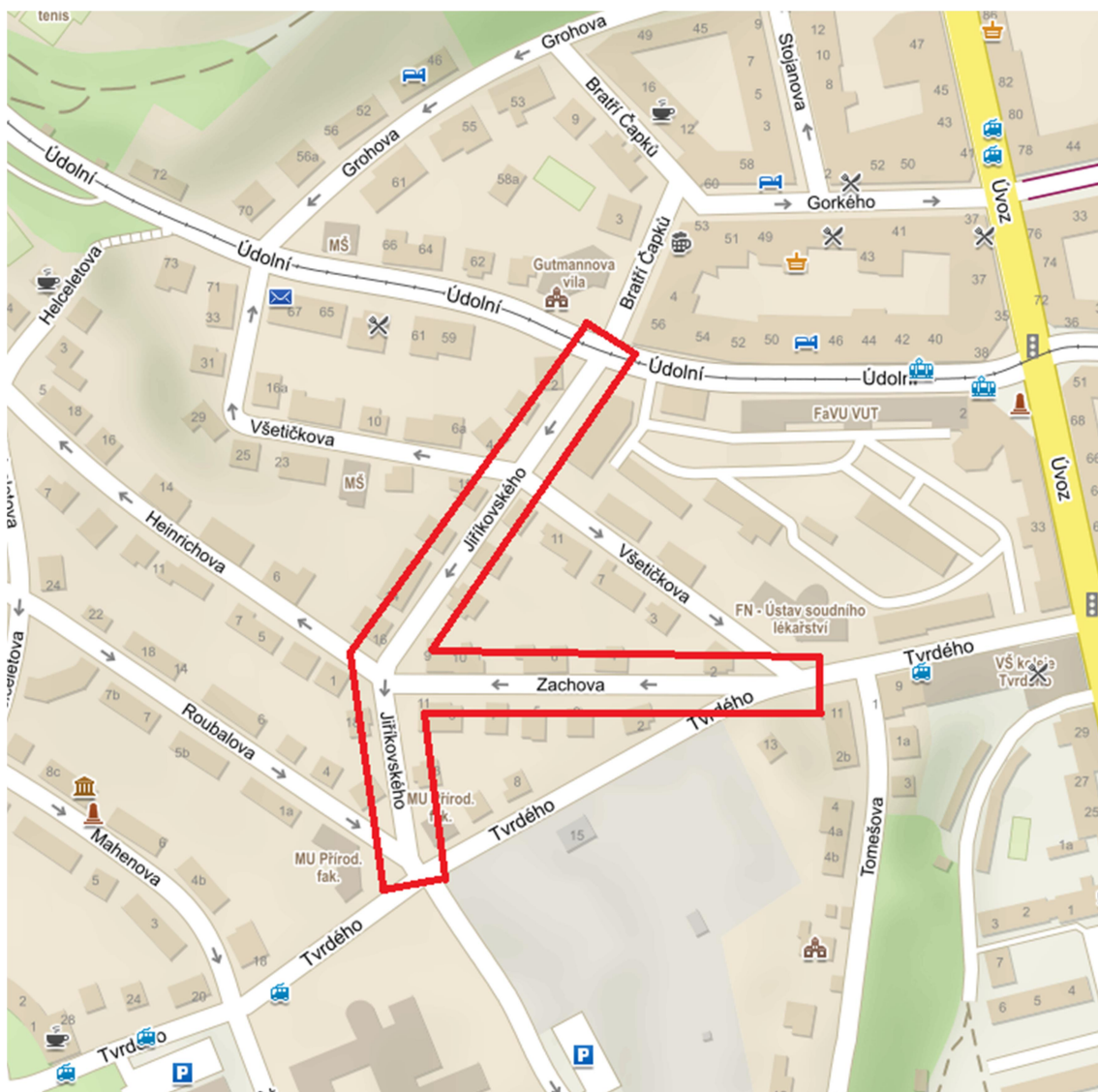


Obrázek 3 – Historická fotografie ulic Jiříkovského a Údolní [4]



## 2.3 Ulice Jiříkovského a Zachova

Ulice Jiříkovského na jihu zájmové lokality končí na křižovatce s ulicí Roubalova a Tvrdeho. V blízkosti této křižovatky se nachází Masarykův onkologický ústav. Ulice Zachova se s ulicí Tvrdeho kříží na východě zájmové lokality. Směrem od jihu k severu přibližně v první třetině se do ulice Jiříkovského napojuje ulice Zachova. Ulice Jiříkovského se dále protíná s ulicí Vsetičkova, kde dokumentaci řeší jiné zadání. Na severu ulice Jiříkovského protíná poměrně rušnou ulici Údolní. Délka obou ulic je v součtu přibližně 500m. Zaměření zahrnuje i křižovatky s přilehlými ulicemi.



Obrázek 4 - Ulice Jiříkovského, Zachova a jejich blízké okolí

### 2.3.1 Fotodokumentace lokality



Obrázek 6 - Ulice Jiříkovského 2



Obrázek 5 - Ulice Jiříkovského 1



Obrázek 7 - Ulice Zachova



Obrázek 8 - Čokoládové lanýže Tereza

Další fotografie jsou v elektronické podobě ve složce 10\_Fotodokumentace.

## 3 Přípravné práce

Před začátkem byly opatřeny dostupné grafické a číselné podklady. Zdrojem pro vyhledání podkladů byl webový portál Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK). Na tomto portále bylo nalezeno jak výškové, tak i polohové bodové pole, které by mohlo být použitelné pro zájmovou oblast. Nalezené údaje byly vytištěny pro následnou rekognoskaci terénu. Díky tomu bylo možné rozvržení postupu a způsobu měření, případně volba měřických přístrojů.

### 3.1 Rekognoskace terénu

V první řadě proběhla rekognoskace zájmové lokality případně jejího okolí. Ulice Jiříkovského se nachází v poměrně prudkém svahu, terén v ulici Zachova je jen mírně svažitý. Již při první návštěvě lokality, bylo zjištěno, že se jedná o málo frekventované a navíc jednosměrné ulice s poměrně velkým množstvím polohopisných prvků. Určitou komplikací pro následné měření bylo velké množství zaparkovaných aut (někdy i nákladních aut), které komplikovalo přehlednost a někdy i zabránilo v přístupu k některým nadzemním prvkům inženýrských sítí. Stanoviska byla řešena vždy na okraji chodníku, popřípadě vozovky, aby byl co nejméně omezován provoz na ulicích. Většina vil v těchto ulicích je obklopena vysokým porostem, který komplikoval viditelnost zejména na rohy budov.

### 3.2 Rekognoskace bodového pole

Na webovém portále ČÚZK bylo nalezeno celkem jedenáct bodů polohového bodového pole a tři body výškového bodového pole. Tyto body by vzhledem k jejich poloze bylo možné při měření využít. Pomocí získaných geodetických údajů poté proběhlo jejich vyhledání v terénu.

Využité body bodového pole jsou vyznačeny na obrázku 9. Geodetické údaje použitých bodů polohového a výškového bodového pole jsou v příloze 4.1 \_Stávající bodové pole.

### 3.2.1 Polohové bodové pole

Celkem bylo vyhledáno jedenáct bodů polohového bodového pole na portále ČUZK. Většina z těchto bodů jsou rohy budov popřípadě podezdívek plotů. Tyto body lze tedy využít pouze jako orientace. Ostatní body polohového bodového pole jsou stabilizovány měřickými hřeby a umístěny v silnici nebo v dlažbě chodníků. Řada z těchto bodů nebyla pro měření využita. Důvody, proč tyto body nebyly využity, jsou vysvětleny dále.

Skutečnost, že bod neodpovídá geodetickým údajům, byla zjištěna při výpočtu, kdy byly tyto body z výpočtu vyloučeny (Tabulka 1 – stav: neodp. geo. údajům). Nejčastější příčinou toho, že bod neodpovídal geodetickým údajům, bylo zateplení domů.

Dva z vyhledaných bodů nebyly využity, protože byly v době měření nepřístupné (Tabulka 1 – stav: nepřístupný). K bodu 610330000000624 nebylo možné se dostat z důvodu zamčené branky u domu, na jehož rohu se tento bod nachází. V případě bodu 610330000000689 bránilo ve výhledu zaparkované auto.

V dalších případech byl bod nalezen, ale pomocná měřická síť byla navržena tak, že bod podrobného polohového bodového pole ležel v blízkosti stanoviště (Tabulka 1 – stav: špatná konfigurace).

Polohové bodové pole					
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	stabilizace	stav	použito
610330000000583	599313.54	1160450.58	roh garáže		ANO
610330000000584	599276.68	1160452.00	roh domu	neodp. geo. údajům	NE
610330000000594	599511.71	1160423.21	roh zídky	špatná konfigurace	NE
610330000000595	599521.65	1160405.03	roh zídky	špatná konfigurace	NE
610330000000596	599446.65	1160318.40	roh zídky	špatná konfigurace	NE
610330000000597	599395.82	1160258.04	roh zídky	špatná konfigurace	NE
610330000000602	599359.73	1160445.35	roh zídky	neodp. geo. údajům	NE
610330000000609	599523.49	1160414.57	měř. hřeb		ANO
610330000000610	599390.87	1160260.38	měř. hřeb	neodp. geo. údajům	NE
610330000000624	599386.56	1160438.44	roh domu	nepřístupný	NE
610330000000689	599363.20	1160251.90	roh budovy	nepřístupný	NE

Tabulka 1 - Rekognoskace polohového bodového pole

Byly tedy využity dva body polohového bodového pole číslo 610330000000583 a 610330000000609. Stávající polohové bodové pole bylo pro zadanou lokalitu shledáno jako nevyhovující a muselo být doplněné.



### 3.2.2 Výškové bodové pole

Při rekognoskaci výškového bodového pole byla situace jiná než u polohového bodového pole. Na webovém portále ČÚZK byly vyhledány celkem 3 body výškového bodového pole, které byly v terénu nalezeny a následně využity.

Nadmořské výšky nivelačních bodů byly ověřeny metodou oboustranně připojené technické nivelace. Výpočet je v příloze 1.1.2\_Zápisník\_nivelace.

Výškové bodové pole						
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m n.m.]	stabilizace	stav	použito
<b>JM-071-438</b>	599319	1160410	247,161	čepová značka	zachovaná	ANO
<b>JM-071-439</b>	599329	1160640	256,975	čepová značka	zachovaná	ANO
<b>JM-071-433</b>	599329	1160191	239,413	čepová značka	zachovaná	ANO

Tabulka 2- Rekognoskace výškového bodového pole



Obrázek 9 - Zobrazení využitého bodového pole v zájmové lokalitě [5]

## 4 Měřické práce

Měřické práce probíhaly v několika etapách během let 2017 - 2019. Na podzim roku 2017 proběhla rekognoskace terénu, zaměření a stabilizace bodů pomocné měřické sítě. Tentýž rok proběhlo i měření podrobných bodů. Na podzim roku 2018 byla ověřena poloha bodů pomocné měřické sítě metodou GNSS, signalizace barvou a vytvoření geodetických údajů. Následně byla provedena nivelace přes body pomocné měřické sítě.

Měření probíhalo souběžně a ve spolupráci se sousedním zadáním, přičemž lokality se vzájemně kříží v místě křižovatky ulic Jiříkovského a Všetického. Z tohoto důvodu na sebe v této práci nenavazují čísla bodů.

## 4.1 Přístrojové vybavení

Pro měřické práce byly využity přístroje a pomůcky vypůjčené z ústavu Geodézie VUT FAST (aparatura GNSS-RTK Trimble + příslušenství a totální stanice Trimble + příslušenství) a z geodetické firmy Hrdlička spol. s r.o. (nivelační přístroj Trimble DiNi 0.3 + příslušenství a Leica Laserový dálkoměr DISTO x310).

Všechny použité přístroje byly svojí přesností shledány pro naše účely za vyhovující.

### 4.1.1 Aparatura GNSS

Pro určení souřadnic výchozích bodů byla využita technologie GNSS. Zaměření bylo provedeno GNSS přijímačem – RTK Trimble R4-3 (v.č. 5328440051) s kontrolerem Trimble Slate, které byly připevněny na teleskopické výtyčce.



Obrázek 10 - GNSS přijímač [7]



Obrázek 11 - GNSS kontroler [6]

Technické parametry přijímače Trimble R4 při měření metodou RTK uvedené výrobcem:

- Horizontální přesnost: 8mm + 1ppm
- Vertikální přesnost: 15mm + 1ppm

### 4.1.2 Totální stanice

Podrobné body byly zaměřeny za použití totální stanice Trimble M3-2“ (v.č. D036272), dřevěného stativu a odrazného hranolu. Při měření zejména rohů budov a jiných špatně dostupných prvků polohopisu byla využita funkce bezhranolového měření, kterým je tato totální stanice vybavena. Dosah při měření bezhranolově a při dobrých podmínkách je až 300m. [8]



Obrázek 12 - Totální stanice [9]

Technické parametry totální stanice Trimble M3 pro měření délek [8]:

- Střední souřadnicová chyba:
  - Hranolový mód:  $m_s = \pm (2 + 2\text{ppm} \times D)\text{mm}$
  - Bezhranolový mód:  $m_s = \pm (3 + 2\text{ppm} \times D)\text{mm}$ , kde D je měřená vzdálenost v km
- Dosah měření
  - Hranolový mód: při dobrých podmínkách až 3000m
  - Bezhranolový mód: při dobrých podmínkách až 500m



### 4.1.3 Nivelační přístroj

Výškově byla měřická síť připojena za pomoci nivelačního přístroje Trimble DiNi 0.3 (v.č. 746876), kovového stativu, kódové teleskopické nivelační latě a nivelační podložky.



Obrázek 14 - Kódová teleskopická nivelační lať - upraveno [11]



Obrázek 13 - Nivelační přístroj [10]

Technické parametry nivelačního přístroje Trimble DiNi 0.3 uvedené výrobcem:

- Zvětšení dalekohledu: 32x
- Střední kilometrová chyba:  $\pm 0,3\text{mm}$
- Dosah měření délek: 1,5m – 100m

Další pomůcky, které byly v terénu použity, jsou: Leica laserový dálkoměr DISTO x310, měřické hřeby – pro dočasné stabilizace, kladivo, barva a pásma.

## 4.2 Pomocná měřická síť

### 4.2.1 Varianty řešení bodového pole

Bylo snahou vytvořit v dané lokalitě co nejlepší konfiguraci pomocných měřických bodů. Proto po rekognoskaci bodového pole byly navrženy dvě varianty, které jsou popsány níže v kapitolách 4.2.1.1 a 4.2.1.2. Pro případnou realizaci těchto navrhovaných variant byly uvažované běžné geodetické metody, jako jsou například polygonové pořady, rajóny a metoda GNSS. Z těchto variant následně byla pro naše podmínky vybrána ta nejvhodnější.

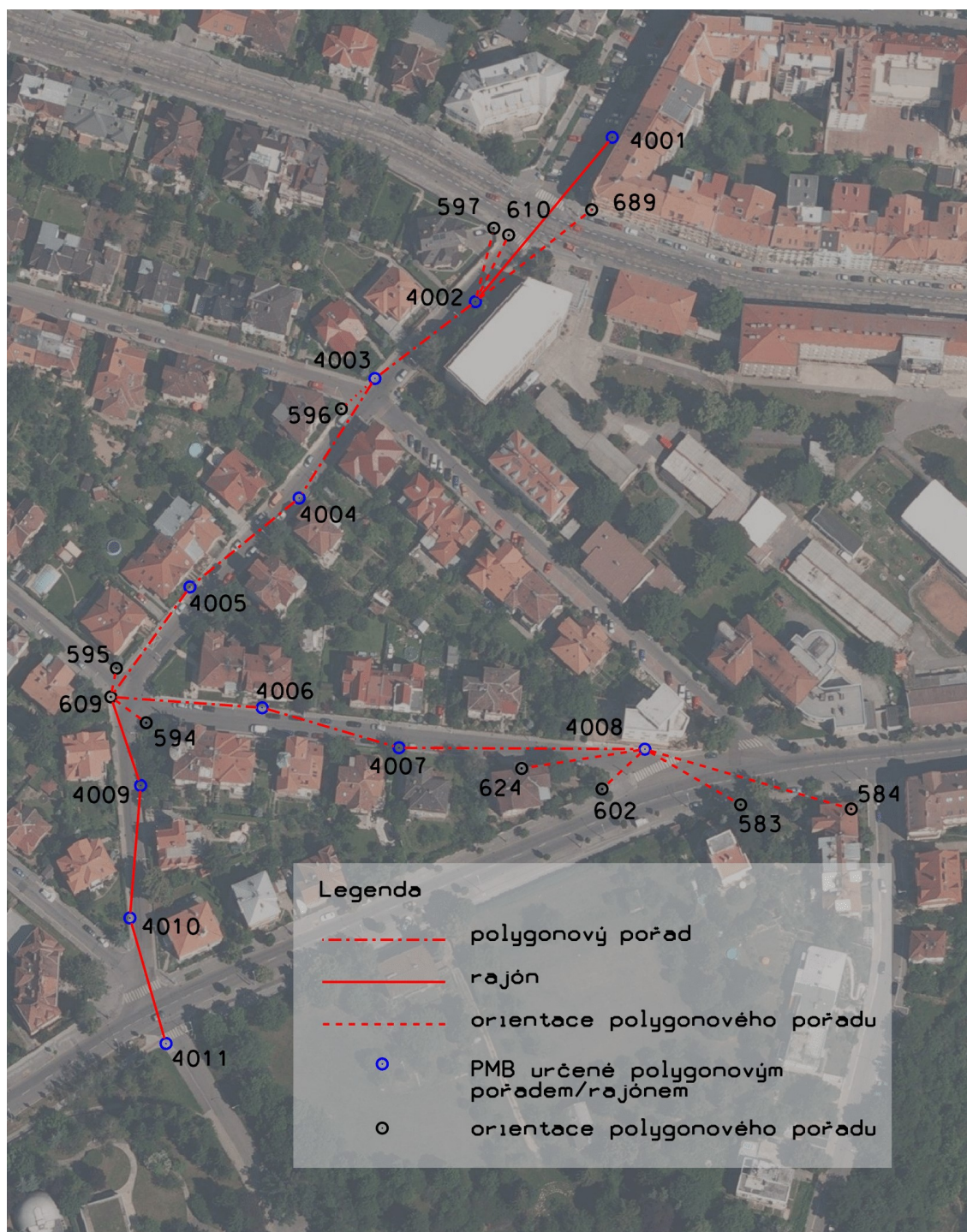
#### 4.2.1.1 Polygonový pořad a rajóny/GNSS

První variantou řešení bodového pole je polygonový pořad v kombinaci s rajóny a metodou GNSS. Polygonový pořad je definován jako průmět prostorové lomené čáry do roviny. Jeho vrcholy jsou polygonové body. Spojnice polygonových bodů se nazývají polygonové strany. Pro určení polohy bodů polygonového pořadu se na těchto bodech měří osnovy směrů, z nichž se určí vrcholové úhly. Délky stran se měří dvakrát – tam a zpět. Orientace pořadů se děje směrovým připojením z koncových bodů pořadů na body základního polohového bodového pole, zhušťovací body a body podrobného polohového bodového pole. [12] Cílem je určit souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu.

Navržený vetknutý oboustranně orientovaný polygonový pořad je zobrazený na Obrázku 15. Polygonový pořad začíná na bodě 4002 a končí na bodě 4008 pomocné měřické sítě. Polygonový pořad je orientován na několik bodů podrobného polohového bodového pole (dále PPBP). Po rekognoskaci bylo zjištěno, že většina PPBP neodpovídá geodetickým údajům. Měřická síť by se musela připojit do S-JTSK pomocí vzdálenějších bodů.

Protože se jedná o dvě ulice, které se navzájem kříží, polygonový pořad by je nepokryl celé. Bylo by potřeba lokalitu doplnit dalšími body pomocné měřické sítě - 4009, 4010 a 4011. K doplnění bodového pole by se dala použít metoda rajónu nebo GNSS.

Tato metoda byla shledaná jako neefektivní a časově náročná.



Obrázek 15 - Návrh bodového pole – polygonový pořad a rajóny



#### 4.2.1.2 Metoda GNSS

Zájmová lokalita se sice nachází v intravilánu, přesto po rekognoskaci terénu bylo shledáno, že metoda GNSS zde lze použít. V zájmové lokalitě se totiž nenachází vysoké domy ani příliš mnoho vysokého porostu, který by rušil přijímaný družicový signál. Výhody této metody jsou jednoduchost a rychlost. Metoda GNSS je podrobněji vysvětlená v kapitole 4.2.2.1.

Celkem 12 bodů pomocné měřické sítě je rovnoměrně rozprostřeno po celé ploše zájmové lokality. Tyto body slouží jako stanoviška a orientace. Návrh takto vytvořené sítě je představen na Obrázku 16.

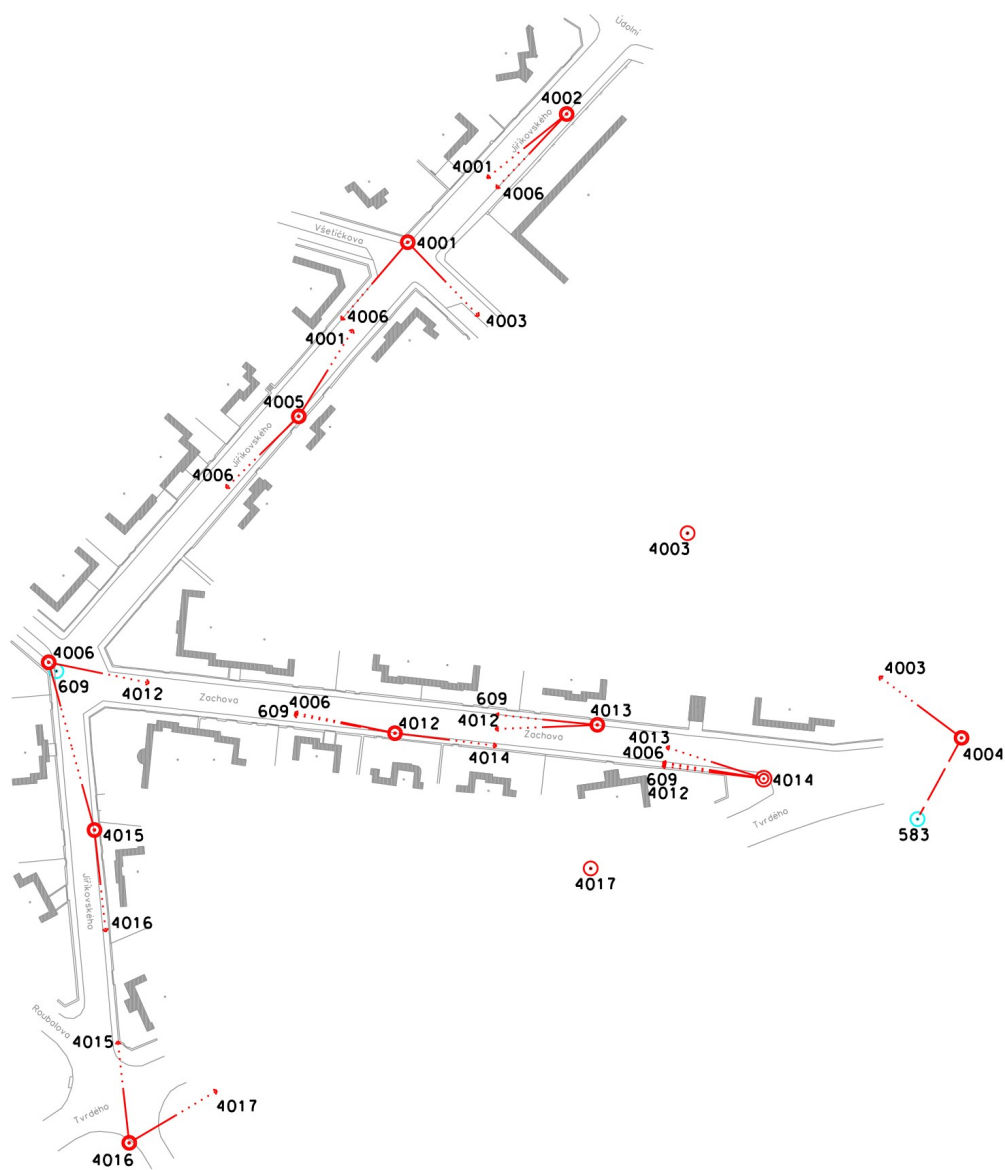


Obrázek 16 - Návrh bodového pole – metoda GNSS

## 4.2.2 Realizace bodového pole

Protože stávající polohové bodové pole z velké části nebylo možné použít, bylo třeba si vytvořit vlastní pomocnou měřickou síť. K polohovému a výškovému určení všech bodů pomocné měřické sítě v požadované přesnosti byla vybrána varianta metoda GNSS. Výšky všech stanovisek byly následně přeměřeny metodou technické nivelace. Bližší popis uvedených měřických metod je rozepsán dále v kapitolách 4.2.2.1 a 4.2.2.2.

Výkres realizovaného bodového pole je přílohou 7\_Přehledný náčrt PMS v tištěné i elektronické podobě. Na obrázku 17 je výřez z tohoto výkresu.



Obrázek 17 - Realizace bodového pole

#### 4.2.2.1 GNSS

GNSS je zkratkou z anglického Global Navigation Satellite System, v překladu jde o Globální družicový polohový systém. GNSS umožňuje svým uživatelům za pomoci družic (minimálně 3, optimálně 8 a více) získat informaci o prostorové poloze v jakémkoli čase a kdekoli na Zemi. [13]

Existuje řada metod měření technologií GNSS. Pro určení bodů pomocné měřické sítě byla zvolena kinematická metoda v reálném čase RTK, protože jde o rychlou metodu a svojí přesností je pro naše účely dostačující. Výhody měření metodou GNSS jsou jednoduchost, rychlost a při vhodných podmínkách i dobrá přesnost.

Měření bylo provedeno za pomoci systému VRS. VRS (= virtuální referenční stanice) je systém, kdy je vytvořena poblíž přijímače virtuální stanice, ke které jsou přepočteny korekce z okolních stanic. Tyto přepočtené korekce jsou posílány přijímači. Nevýhoda měření metodou GNSS je rušení případně odrazení družicového signálu v zastavěných oblastech nebo v oblastech s vysokým porostem. [13]



Obrázek 18 - Měření metodou GNSS



Před měřením byly v přístroji nastaveny podmínky měření, výška antény, doba observace, interval měření, atd. Doba observace činila 30 sekund a interval jedné epochy byl 3 sekundy.

Měření metodou GNSS se pro kontrolu provádí dvakrát po sobě s minimálně hodinovým rozestupem. V našem případě rozestup činil vždy hodinu a pár minut. Během tohoto časového rozestupu dojde ke změně konfigurace družic a tím pádem jde považovat druhé měření za nezávislé a tedy kontrolní. Po dvojím určení metodou GNSS se výsledné souřadnice průměrují.

Celkem bylo metodou GNSS zaměřeno 12 bodů pomocné měřické sítě: 4001-4006, 4012-4017. Protože většinu zaměřovaného území tvoří zpevněné plochy jako asfalt nebo dlažba, byly body dočasně stabilizovány měřickými hřebíky a pro lepší viditelnost označeny barvou. Pomocné měřické body byly řešeny tak, aby mezi nimi byla přímá viditelnost a zároveň se v okolí těchto bodů nenacházely vysoké překážky, které by znesnadňovali rozhled.



Obrázek 19 - Ukázka dočasné stabilizace bodu č. 4003 měřickým hřebem a barvou



Obrázek 20 - Ukázka dočasné stabilizace bodu č. 4016 měřickým hřebem a barvou

#### 4.2.2.2 Geometrická nivelace ze středu

Tato metoda je jednou z nejčastěji užívaných metod pro určení převýšení bodů. Pokud je známá nadmořská výška v daném výškovém systému alespoň jednoho bodu, lze jednoduchým výpočtem určit nadmořské výšky ostatních bodů.

Dle dosahované přesnosti výsledků měření se geometrická nivelace dělí na technickou nivelaci, přesnou nivelaci, velmi přesnou nivelaci a zvláště přesnou nivelaci. Pro náš účel je dostačující technická nivelace. Kritériem přesnosti pro technickou nivelaci je mezní odchylka mezi daným a měřeným převýšením, která je daná vzorcem:

$$\Delta_{max} = 40 * \sqrt{L} [mm]$$

L ... délka nivelačního pořadu v kilometrech

Tento vzorec byl aplikován na body 4002, 4001, 4005, 4015 a 4016 pomocné měř. sítě, které byly nivelovány jednosměrně. Aplikace vzorce je v příloze 1.1.2\_Zápisník\_nivelace.

Pokud bylo převýšení měřeno dvakrát, uvádí se ještě odchylka mezi dvakrát měřeným převýšením:

$$\Delta_{max} = 0,67 * 40 * \sqrt{L} [mm]$$

L ... délka nivelačního pořadu v kilometrech

Tento vzorec byl aplikován na body 4006, 4012, 4013, 4014 a 4004 pomocné měř. sítě, které byly nivelovány obousměrně. Aplikace vzorce je v příloze 1.1.1\_Výsledky nivelace. Schéma nivelačních pořadů je na obrázku 22.

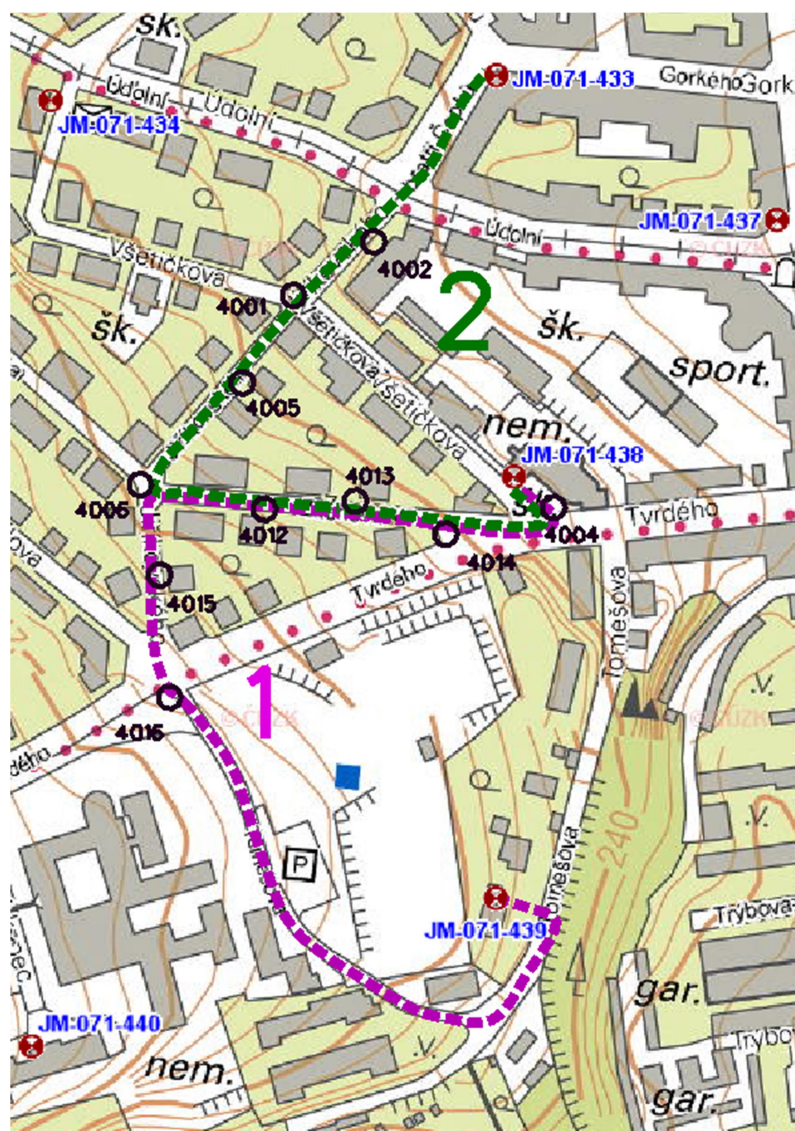
Vyhovuje-li vypočtené převýšení danému kritériu přesnosti, rozdělí se vzniklá odchylka úměrně jednotlivým záměrům. [14] Tato odchylka se zpravidla rozděluje na záměru vzad. Všechny výpočty a výsledky jsou uvedeny ve složce 1.1\_Nivelační přístroj.



Obrázek 21 – Technická nivelace – terénní měření



Přes zájmové území vedeny dva nivelační pořady. V našem případě byly oba nivelační pořady oboustranně připojeny na stávající výškové bodové pole. K určení nadmořských výšek bodů pomocné měřické sítě byly vybrány nivelační body, které byly co nejlépe dostupné a jejichž nadmořská výška se měřením ověřila, viz 1.1.2\_Zápisník\_nivelace.



Obrázek 22 - Schématické zobrazení nivelačních pořadů č.1 a 2

První nivelační pořad vychází z bodu JM-071-438 a vede přes stanoviště 4004, 4014, 4013, 4012, 4006, 4015 a 4016. Tento pořad byl ukončen na bodě JM-071-439.

Druhý pořad začíná v bodě JM-071-433 a vede přes stanoviště 4002, 4001 a 4005. Dále je pořad veden kontrolně přes stanoviště 4006, 4012, 4013, 4014 a 4004. Nadmořské výšky stanovišek, které byly určeny dvakrát, byly po posouzení přesnosti měření zprůměrovány.

## 4.3 Podrobné měření

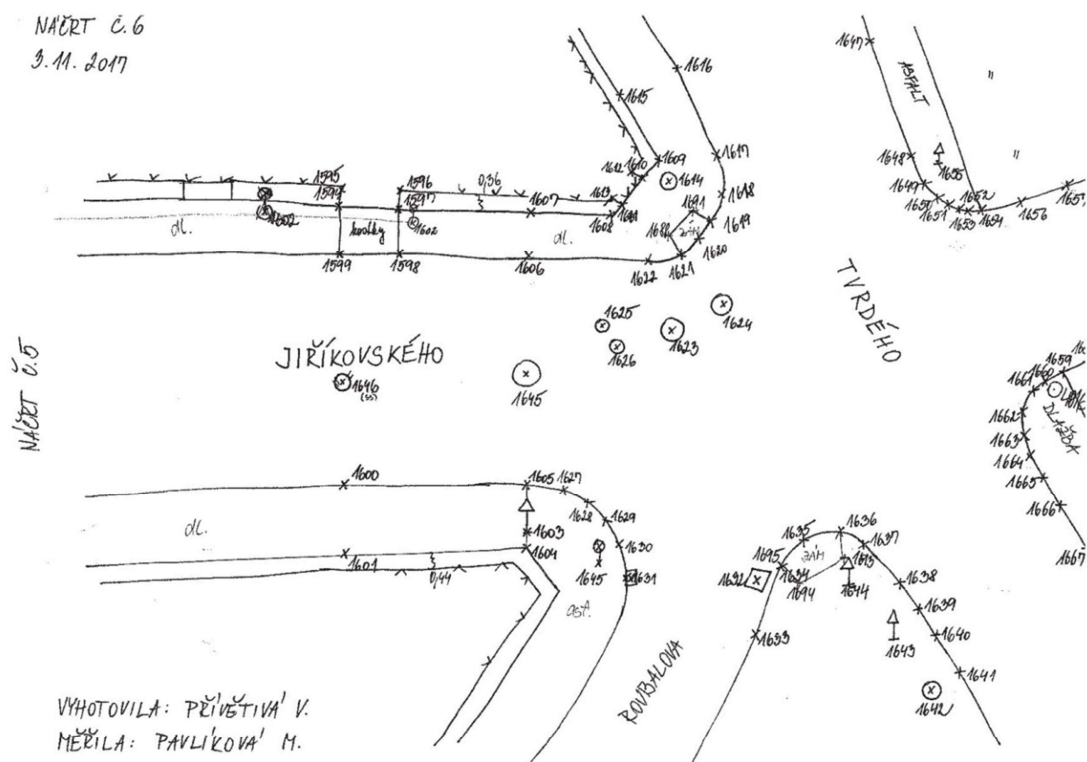
Podrobné body byly zaměřeny nedlouho po vybudování pomocné měřické sítě. K zaměření byla využita tachymetrická metoda, kdy měřenými daty jsou vodorovné a svislé úhly a šikmé délky. V terénu byly měřeny všechny viditelné prvky polohopisu a výškopisu v podrobnosti měřítka mapy 1:500. Na každém stanovisku byla vždy zaznamenaná výška přístroje a výška cíle, která se dle potřeb měnila. Vždy ale bylo nutné tuto změnu přepsat v přístroji. Orientováno bylo na body o známých souřadnicích.

Na každém stanovisku byly zavedeny fyzikální korekce zadáním teploty, tlaku a vlhkosti přímo do přístroje. Tím došlo k zavedení oprav přímo do měřených délek. Matematické korekce nebyly zaváděny v přístroji, ale byly zavedeny až při samotném výpočtu zápisníků v softwaru Groma.

Pro kontrolu byl na každém stanovisku změřen nejméně jeden podrobný bod, též určený z jiného stanoviska – identický bod. V terénu se většinou jednalo o poklopy vodních nebo plynových šoupat, vpustí, hydrantů, popřípadě kanalizačních šachet. Identické body byly následně použity pro ověření přesnosti souřadnic a výšek.

Body byly číslovány vzestupně od čísla 1. Podrobné body jsou číslovány dle Technické normy ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy.

V průběhu měření bylo vytvořeno 9 měřických náčrtů. Ukázka měřického náčrtu je na obrázku 23. Všechny vyhotovené měřické náčrtý jsou v příloze 5.2\_Měřické náčrtý.



Obrázek 23 - Ukázka měřického náčrtu

Zároveň byly pro lepší orientaci při tvorbě mapy měřené body kódovány. Používané kódy jsou uvedeny v tabulce 3.

KÓD	MĚŘENÝ PRVEK	KÓD	MĚŘENÝ PRVEK
STN	stanovisko	KER	keř
OR	orientace	T	terén
CH	chodník	EL	rozvodná skříň
POD	podezdívka	LAM	lampa
BR	branka	SL	sloup
SS	střed silnice	VSTUP	vstupní šachta
SCH	schod	SACH	kanalizační šachta
OBZV	zvýšený obrubník	VPS	vpust'
BZ	budova zděná	VS	šoupě vodovodní
DZ	dopravní značka	PS	šoupě plynovodní
ZI	živý plot	HYD	hydrant nadzemní
PL	drátěný plot	ID	identický bod
STR	strom	X	oddělovač kódů

Tabulka 3 - Použité kódy při podrobném měření

Při měření podrobných bodů bylo snahou, aby měřené prvky polohopisu co nejlépe vystihovaly skutečnost a aby byly dodrženy zásady dle technické normy ČSN 01 3410 – Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Měřenými prvky v terénu byly chodníky, podezdívky, rozhraní povrchů, zeleň, budovy a prvky inženýrských sítí. Body na křivkách byly měřené v takové hustotě, aby se spojnice neodchylovala od skutečnosti o více než 10 cm.


U podezdívek plotů byly vždy měřeny vnější hrany. Šířky všech podezdívek byly měřeny metrem, které byly v terénu poznačeny do měřických náčrtů.

Zájmová oblast je vilovou čtvrtí a budovy jsou zde členité, popřípadě se před nimi nachází vysoký živý plot. Z tohoto důvodu byly rohy budov měřeny bezhranolově, popřípadě oměřeny pásmem a v kanceláři pak byly tyto body vykonstruovány. U bodů budov není uvedena nadmořská výška, jsou tedy zobrazeny v samostatném 2D výkresu. Bližší informace jsou v příloze 5.4.1\_Výstupní výkresy.

### 4.3.1 Náčrty geodetických údajů

Geodetické údaje byly vyhotoveny v dubnu 2019 na všech stanoviscích. Cílem je co nejlépe vystihnout terén a hlavní orientační prvky, podle kterých bude možné body pomocné měřické sítě bez problémů najít. Všechny body se nachází na chodnících ulic. Při hledání bodů pomocné měřické sítě může nastat problém, že na těchto bodech budou zaparkovány automobily, popřípadě mohou být tyto stabilizace poškozeny chodci.

Na obrázku 24 je ukázka geodetického údaje o bodu 4006 pomocné měřické sítě. Geodetické údaje všech bodů jsou přílohou 4.2\_Pomocná měřická síť.

Bod 4006	Bod zřídil (jméno, rok): Veronika Přívětivá	Y 599525,39	SM5 Brno 9-0
Kód kv.: 3	Platnost od: 18.11.2018	X 1160412,42	Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bod je stabilizován měřickým hřebem. Určen metodou GNSS. Nachází se v dlažbě na chodníku na křižovatce ulic Heinrichova, Jiříkovského a Zachova.		Nadm. výška (Bpv) 258,36	
Poznámka: ⊗ sloup veřejného osvětlení ○ kanalizační šachta		Nárys nebo detail	

Obrázek 24 - Ukázka geodetického údaje o bodu 4006

## 4.4 Ověření přesnosti bodů PMS

Po ukončení terénních prací proběhlo ověření správnosti měření. Byly ověřeny měřené délky mezi body pomocné měřické sítě. Ověření proběhlo na základě porovnání délek vypočtených ze souřadnic určených metodou GNSS a délek měřených totální stanicí. Přesnost určení pomocných měřických bodů byla ověřena dle ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Výsledky jsou uvedené v tabulce 4.

Počáteční bod	Koncový bod	L <sub>s</sub> —délka ze souř. [m]	L <sub>m</sub> —měřená délka [m]	Δ <sub>L</sub> —rozdíl délek[m]	Δ <sub>max</sub> —mezí odchylka [m]	Podmínka Δ <sub>L</sub> < Δ <sub>max</sub>
4002	4001	49,86	49,89	-0,03	0,18	splněna
4001	4005	50,22	50,21	0,01	0,18	splněna
4001	4003	98,36	98,39	-0,03	0,18	splněna
4003	4004	83,32	83,35	-0,03	0,18	splněna
4005	4006	85,88	85,91	-0,03	0,18	splněna
4006	4015	42,38	42,39	-0,01	0,17	splněna
4015	4016	76,79	76,81	-0,02	0,18	splněna
4006	4012	86,25	86,26	-0,01	0,18	splněna
4012	4013	49,47	49,48	-0,01	0,18	splněna
4013	4014	42,66	42,65	0,01	0,17	splněna
4014	4004	49,36	49,39	-0,03	0,18	splněna
4016	4017	131,337	131,325	-0,03	0,20	splněna

Tabulka 4 - Ověření délek mezi pomocnými měřickými body

Nedošlo k překročení mezní odchylky mezi délkami. Měřením pomocných měřických bodů odlišnými metodami bylo zjištěno, že pomocná měřická síť vyhovuje třetí třídě přesnosti.

## 5 Zpracovatelské práce

Po ukončení měřických prací v terénu následují zpracovatelské práce. Do zpracovatelských prací lze zařadit export měřených dat, výpočet podrobných bodů ověření přesnosti podrobných bodů a nakonec tvorbu hlavního výstupu – účelové mapy v měřítku 1:500. Jednotlivé etapy jsou podrobněji rozepsány dále.

### 5.1 Export měřených dat

Během měření byla všechna data ukládána do paměti přístroje. Surová data byla vyexportována z aparatury GNSS, totální stanice i nivelačního přístroje jednoduchým stažením na USB flash disk.

Soubory stažené z aparatury GNSS jsou protokol z měření a protokol průměrování. Oba soubory jsou k dispozici ve formátu \*.pdf ve složce 2.1\_GNSS.

Z totální stanice byl stažen zápisník z měření. Zápisník z totální stanice byl pro větší přehlednost rozdělen na zápisník měřených identických bodů a na zápisník podrobných bodů. Uvedené výstupní soubory jsou k dispozici ve složce 1.2\_Totální stanice ve formátu \*.pdf.

Z nivelačního přístroje byla surová data naimportována do souboru \*.xlsx. Tento soubor je k dispozici v příloze 1.1.2\_Zápisník\_nivelace.

### 5.2 Výpočetní práce

#### 5.2.1 Výpočet nivelačního zápisníku

Nivelovaly se body pomocné měřické sítě, které byly použity jako stanoviště, jejichž souřadnice byly určeny metodou GNSS. Přes body dále využité jako orientace, nivelováno nebylo. Výpočet nivelačního zápisníku proběhl v prostředí Microsoft Excel.

Výšky všech stanovišť tedy byly přeurčeny nivelací a výšky určené metodou GNSS nebyly uvažovány při výpočtu podrobných bodů. Rozdíly mezi nadmořskými výškami měřeními metodou GNSS a metodou technické nivelace jsou uvedeny v tabulce 5.

Číslo bodu	Výšky určené GNSS [m n.m.]	Výšky určené nivelací [m n.m.]	Rozdíl [m]
4001	245,53	245,50	0,03
4002	242,36	242,38	-0,02
4003	246,23	-	-
4004	246,87	246,86	0,01
4005	249,82	249,81	0,01
4006	258,37	258,36	0,01
4012	254,76	254,73	0,03
4013	251,99	251,99	0,00
4014	250,41	250,41	0,00
4015	260,69	260,67	0,02
4016	265,51	265,49	0,02
4017	254,45	-	-

Tabulka 5 - Rozdíl mezi výškami pomocných měřických bodů

### 5.2.2 Výpočet souřadnic měřených metodou GNSS

Souřadnice bodů pomocné měřické sítě byly určeny v souřadnicovém systému ETRS-89 a použitím transformačního modulu Trimble 2013 verze 1.0 byly převedeny do S-JTSK.

Po exportu protokolu z měření bylo porovnáno první a druhé měření. Měření se od sebe liší maximálně o 3 cm v poloze a o 2 cm ve výšce. Rozdíly mezi prvním a druhým měřením jsou uvedeny v příloze 2.1.2\_GNSS\_Protokol průměrování.

Výsledné souřadnice pomocných měřických bodů jsou uvedené v tabulce 6.

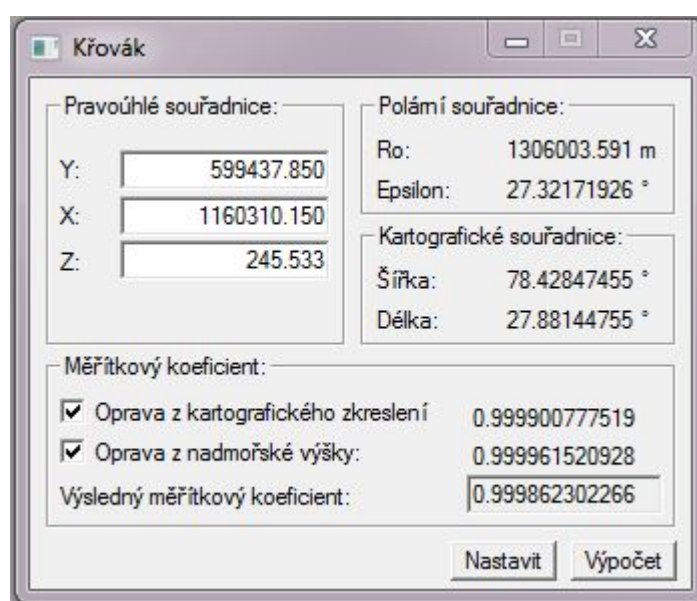
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m n.m.]
4001	599437,85	1160310,15	245,50
4002	599399,09	1160278,94	242,38
4003	599369,61	1160380,99	246,23
4004	599302,82	1160430,81	246,86
4005	599464,41	1160352,55	249,81
4006	599525,39	1160412,42	258,36
4012	599440,96	1160429,67	254,73
4013	599391,61	1160427,65	251,99
4014	599351,04	1160440,75	250,41
4015	599514,23	1160453,24	260,67
4016	599505,75	1160529,41	265,49
4017	599393,23	1160462,60	254,45

Tabulka 6 - Vypočtené souřadnice pomocných měřických bodů (X a Y – metodou GNSS, Z – technickou nivelací)

### 5.2.3 Výpočet podrobných bodů polární metodou

Výpočet souřadnic podrobných bodů byl proveden v programu Groma v.12.1. Groma je geodetický systém pracující v prostředí MS Windows. Tento systém je určený ke komplexnímu zpracování geodetických dat. Od surových údajů přenesených z totální stanice až po výsledné seznamy souřadnic, výpočetní protokoly a kontrolní kresbu. [15]

Před výpočtem proběhlo nastavení parametrů, jako jsou například použité úhlové jednotky, typ délky, počet desetinných míst atd. Při importu zápisníku byly převedeny měřené šikmé délky na vodorovné. Dále byla funkcí Křovák nastavena redukce délek do nulové nadmořské výšky a byl zaveden koeficient pro převod délek do Křovákova zobrazení.



Obrázek 25 - Ukázka funkce Křovák v prostředí Groma v. 12.1

Pro výpočet podrobných bodů byla použita funkce Polární metoda dávkou. Před samotným výpočtem bylo potřeba si otevřít seznam souřadnic známých bodů pomocné měřické sítě a zápisník měřených dat vyexportovaný z totální stanice. Ze zápisníku byly oddělené zaměřené identické body a byly vypočítány zvlášť. Tyto body později sloužily k testování přesnosti. Kompletní protokoly o výpočtech podrobných a identických bodů jsou přílohami ve složce 2.2\_Totální stanice.

Některé body budov v lokalitě nebylo možné zaměřit, protože se jedná o vilovou čtvrť a budovy jsou zde členité. Což bylo vyřešeno dodatečně, kdy byly do výřezu katastrální mapy zaznamenány oměrné míry. Díky těmto mírám bylo možné vypočítat pomocí funkce konstrukční oměrné zbylé body budov. Výřez katastrální mapy s poznačenými oměrnými mírami je ve složce 5.1\_Konstrukční oměrné.pdf.



## 5.3 Ověření přesnosti podrobných bodů

Po výpočetních pracích bylo ověřeno, zda dosažené výsledky odpovídají stanovené třetí třídě přesnosti. K ověření přesnosti měření byly použity jednoznačně identifikovatelné body - identické body, získané v průběhu měření podrobných bodů. Z každého stanoviště byl změřen alespoň jeden bod změřen i z jiného stanoviště. Podrobné body určené pro testování přesnosti byly rozmístěné pokud možno rovnoměrně po celém území. Mezi těmito dvakrát určenými body došlo k ověření přesnosti.

Zápisník identických bodů je příloha 1.2.1\_TS\_Zápisník\_identické\_body.pdf, protokol o výpočtu identických bodů je příloha 2.2.1\_TS\_Protokol\_identické\_body.pdf.

V dané lokalitě byly k tomuto účelu použity nejčastěji pozemní prvky inženýrských sítí, například poklopy šoupat, šachtové kanalizační poklopy a vpustě. Celkově bylo naměřeno 17 identických bodů, přičemž všechny splnily požadovaná kritéria přesnosti dle ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy.

Kritéria pro třetí třídu přesnosti jsou uvedeny v tabulce 7.

<b>Třída přesnosti</b>	<b><math>u_{XY}</math> [m] - Mezní souřadnicová chyba</b>	<b><math>u_H</math> [m] – Mezní výšková chyba</b>
<b>3</b>	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>

Tabulka 7 - Kritéria pro třetí třídu přesnosti dle ČSN 01 3410

Výsledky ověření přesnosti bodů jsou uvedeny v následujících kapitolách 5.3.1 a 5.3.2. Dále pak v příloze ve složce 6\_Ověření přesnosti.

### 5.3.1 Ověření přesnosti výšek podrobných bodů polohopisu

V tabulce 8 jsou uvedeny výškové rozdíly mezi podrobnými body určenými ze dvou různých stanovišek.

číslo bodu	H <sub>m</sub> [m n.m.]	H <sub>k</sub> [m n.m.]	ΔH <sub>m-k</sub> [m]
88	244,40	244,34	0,06
155	245,93	245,90	0,03
159	245,46	245,49	-0,03
160	245,55	245,59	-0,04
161	245,58	245,62	-0,04
162	245,45	245,52	-0,07
556	246,60	246,57	0,03
590	247,85	247,86	-0,01
621	247,29	247,29	0,00
1096	256,87	256,90	-0,03
1097	256,78	256,80	-0,02
1157	253,82	253,85	-0,03
1232	251,61	251,58	0,03
1284	252,07	252,09	-0,02
1285	252,28	252,30	-0,02
1434	258,15	258,19	-0,04
1525	261,04	261,02	0,02

Tabulka 8 - Ověření přesnosti výšek podrobných bodů

Přesnost určení výšek podrobných bodů se pokládá za vyhovující, pokud jsou splněna kritéria uvedená v tabulce 9.

Kritérium	Mezní hodnota	Výsledek
$ \Delta H_{m-k}  \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{2}$	0,34	„vyhovuje“
$S_H \leq w_N \cdot u_H$	0,13	„vyhovuje“

Tabulka 9 - Výsledky testování přesnosti výšek podrobných bodů

H <sub>m</sub>	výška určená prvním měřením
H <sub>k</sub>	Výška určená kontrolním měřením
ΔH <sub>m-k</sub>	rozdíl výšek H <sub>m</sub> a H <sub>k</sub>
u <sub>H</sub>	kritérium přesnosti pro určení výšek
S <sub>H</sub>	středná výběrová chyba výšky
w <sub>N</sub>	koefficient určený vzhledem k počtu kontrolovaných bodů

### 5.3.2 Výsledky ověření přesnosti souřadnic X, Y podrobných bodů

V tabulce 10 jsou uvedeny rozdíly v poloze mezi podrobnými body určenými ze dvou různých stanovisek.

Č.b.	Y <sub>m</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	Y <sub>k</sub> [m]	X <sub>k</sub> [m]	ΔY <sub>m-k</sub> [m]	ΔX <sub>m-k</sub> [m]	Δp [m]
88	599425,34	1160299,37	599425,29	1160299,38	0,05	-0,01	0,05
155	599445,49	1160319,66	599445,49	1160319,65	0,00	0,01	0,01
159	599438,30	1160312,24	599438,31	1160312,23	-0,01	0,01	0,01
160	599438,66	1160315,75	599438,70	1160315,78	-0,04	-0,03	0,05
161	599439,95	1160315,61	599439,92	1160315,58	0,03	0,03	0,04
162	599437,85	1160312,61	599437,85	1160312,63	0,00	-0,02	0,02
556	599328,42	1160407,55	599328,42	1160407,55	0,00	0,00	0,00
590	599321,52	1160433,13	599321,50	1160433,14	0,02	-0,01	0,02
621	599305,12	1160414,29	599305,10	1160414,27	0,02	0,02	0,03
1096	599488,00	1160418,84	599488,01	1160418,82	-0,01	0,02	0,02
1097	599485,75	1160419,37	599485,73	1160419,36	0,02	0,01	0,02
1157	599424,89	1160427,77	599424,91	1160427,76	-0,02	0,01	0,02
1232	599380,08	1160432,54	599380,08	1160432,55	0,00	-0,01	0,01
1284	599391,81	1160429,33	599391,80	1160429,33	0,01	0,00	0,01
1285	599396,75	1160428,45	599396,78	1160428,45	-0,03	0,00	0,03
1434	599521,57	1160410,99	599521,60	1160410,98	-0,03	0,01	0,03
1525	599519,52	1160459,82	599519,54	1160459,82	-0,02	0,00	0,02

Tabulka 10 - Ověření polohové přesnosti podrobných bodů

Přesnost polohového určení podrobných bodů se pokládá za vyhovující, pokud jsou splněna kritéria uvedená v tabulce 11.

Kritérium	Mezní hodnota	Výsledek
$ \Delta p  \leq 1,7 \cdot u_{xy}$	0,24	„vyhovuje“
$S_{xy} \leq w_{2N} \cdot u_{xy}$	0,15	„vyhovuje“

Tabulka 11 - Výsledky testování přesnosti X, Y podrobných bodů

Y <sub>m</sub> , X <sub>m</sub>	polohové souřadnice určené prvním měřením
Y <sub>k</sub> , X <sub>k</sub>	polohové souřadnice určené kontrolním měřením
ΔY <sub>m-k</sub> , ΔX <sub>m-k</sub>	Rozdíl souřadnic Y <sub>m</sub> , Y <sub>k</sub> a X <sub>m</sub> a X <sub>k</sub>
Δp	polohová odchylka
u <sub>xy</sub>	kritérium přesnosti pro určení souřadnic
S <sub>xy</sub>	výběrová střední souřadnicová chyba
w <sub>2N</sub>	koeficient určený vzhledem k počtu kontrolovaných bodů

## 5.4 Tvorba účelové mapy

Účelová mapa byla vyhotovena v softwaru Microstation V8i a v jeho nadstavbě MGEO. Výhodami při zpracovávání mapového výstupu v nadstavbě MGEO oproti samotnému softwaru Microstation je hlavně jednoduchost a rychlost práce s referenčními výkresy. Další užitečné MGEO nástroje a funkce je tvorba kladu mapových listů nebo kreslení průsečíků sítě pravoúhlých souřadnic.

### 5.4.1 Výstupní výkresy

Všechny dále vypsané výkresy jsou v příloze ve složce 8\_Účelová mapa.

V první řadě byl založen 3D výkres 8.3\_Účelová mapa\_3D.dgn, do kterého byly naimportovány kódy, čísla bodů a souřadnice bodů pomocné měřické sítě a podrobných bodů. Následně zde byla vytvořena kresba. Kresba účelové mapy je blíže popsána v kapitole 5.4.2.

Dále byl vytvořen samostatný výkres 8.5\_Výkres budov\_2D.dgn. Tento výkres je vytvořen ve 2D protože všechny body budov byly zaměřeny bezhranolově, tzn. bez informace o nadmořské výšce.

Nakonec byl vytvořen výkres 8.6\_Mapový rám\_2D, který byl doplněn prvky pro potřebu tvorby kontrolní kresby v tištěné podobě. Těmito prvky jsou dva mapové rámy formátu 4xA4, orientace k severu, legenda použitých prvků v kontrolní kresbě, popisová tabulka, průsečíky sítě pravoúhlých souřadnic a popis průsečíků pravoúhlých souřadnic. Uvedené 2D výkresy lze referenčně připojit k výkresu účelové mapy.

Účelová mapa je společně s výše uvedenými referenčně připojenými výkresy přílohou k této práci v tištěné i v elektronické podobě.

#### 5.4.1.1 Přehledný náčrt pomocné měřické sítě

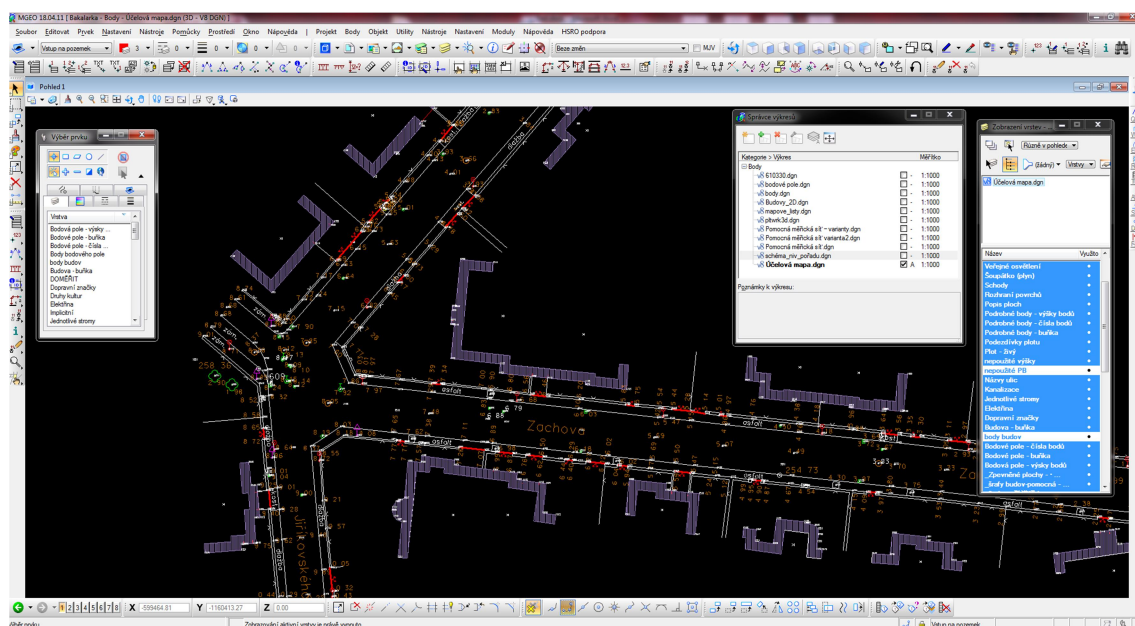
V poslední fázi zpracování účelové mapy byl vytvořen přehledný náčrt pomocné měřické sítě na podkladu kresby účelové mapy. Přehledný náčrt pomocné měřické sítě je tištěnou přílohou k této práci a zároveň je přílohou 7\_Přehledný náčrt PMS v elektronické podobě.

## 5.4.2 Kresba účelové mapy

Vykresleny byly všechny prvky, které byly předmětem geodetického zaměření pro tvorbu účelové mapy v zadané lokalitě. Pro vykreslení buněk a čar posloužily knihovny buněk a čar ze školního materiálu. Uvedené knihovny jsou v příloze 8.4\_Datové soubory. Vynesení prvků polohopisu došlo za pomoci kódů a terénních náčrtů. Po nakreslení účelové mapy následovalo doplnění popis druhů povrchů a místního názvosloví.

Výškopis je znázorněn výškovými kótami. Pro přehlednost jsou výšky podrobných bodů uváděny na jedno místo před desetinnou čarou a na dvě desetinná místa za desetinnou čarou. Kóty byly podle potřeby natáčeny, ale i přesto několikrát došlo k vysoké koncentraci výškových kót a tím pádem k jejich vzájemnému překrytí. Z tohoto důvodu byly některé kóty z výkresu vyřazeny. Výšky bodů pomocné měřické sítě jsou uváděny absolutními kótami na dvě desetinná místa.

Tabulka atributů použitých prvků je přílohou 9.1\_Atributy prvků.pdf.



Obrázek 26 - Ukázka prostředí geodetického softwaru MGEO 18.04.11

## 6 Závěr

Výsledkem bakalářské práce je účelová mapa v lokalitě ulic Jiříkovského a Zachova v měřítku 1:500, která vyhovuje kritériím pro 3. třídu přesnosti. Jedná se o lokalitu liniového tvaru délky 530m, což vyjadřuje plochu přibližně 0,63 ha. Vytvořená mapa může po zhodnocení sloužit ke kontrole Hybridní mapy města Brna.

Obsah práce je chronologicky řazen v pořadí, podle kterého účelová mapa vznikala. Potřebné podklady byly získány především z portálu ČÚZK. Nejprve byla provedena rekognoskace zájmového území. Následně bylo zhuštěno nedostatečné stávající bodové pole technologií GNSS, natransformováno do S-JTSK a prostřednictvím výškového bodového pole připojeno do Bpv. Z pomocných měřických bodů byly zaměřeny podrobné body polohopisných a výškopisných prvků. Dále pak proběhlo ověření přesnosti podrobných bodů, čímž bylo dokázáno, že měření vyhovuje třetí třídě přesnosti. Výpočet podrobných bodů proběhl v softwaru Groma v.12. Výkresová část byla vytvořena v softwaru Microstation PowerDraft V8i a v jeho nadstavbě MGEO.

## 7 Seznam použitých zdrojů

- [1] Mapy.cz *Mapy.cz* [online], [cit.28.4.2019]. Dostupné z:  
<https://mapy.cz/zakladni?x=16.6217979&y=49.2060350&z=13>
- [2] Mapy.cz *Mapy.cz* [online], [cit.28.4.2019]. Dostupné z:  
<https://mapy.cz/zakladni?x=16.5775629&y=49.2004691&z=16&base=ophoto>
- [3] HISTORIE :: OSMČ. *OSMČ* [online]. Dostupné z:  
<https://osmc.webnode.cz/historie/>
- [4] Historické fotografie – Brno – Jiříkovského. *Historické fotografie* [online]. Dostupné z:  
[http://www.fotohistorie.cz/Jihomoravsky/Brno-mesto/Brno\\_-\\_Stranice/Brno\\_-\\_Jirikovskeho/Default.aspx](http://www.fotohistorie.cz/Jihomoravsky/Brno-mesto/Brno_-_Stranice/Brno_-_Jirikovskeho/Default.aspx)
- [5] Geoportál ČUZK: *Geoprohlížeč*, [online], [cit 2016-03-28]. Dostupné z:  
<https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=503#ipsQueue>
- [6] Trimble Slate Controller Easy Working with Trimble Access™ Field Software and Trimble R4 GNSS Receiver – Aimil.com India *Cement, Material Testing Instruments, Concrete Equipment, Civil Engineering - Aimil Ltd* [online]. Dostupné z:  
<http://www.aimil.com/products/trimble-slate-controller>
- [7] Trimble R4 + Controller TSC2 – ArenaCAD. *Home - ArenaCAD* [online]. Copyright © 2016 Designed with by [cit.28.4.2019]. Dostupné z: <https://arenacad.com/staff/trimble-r4-controller-tsc2/>
- [8] *GEOTRONICS PRAHA - Váš GEOSHOP* [online]. Copyright ©qR [cit.28.4.2019]. Dostupné z: [http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE\\_TrimbleM3\\_DS\\_A4\\_0414\\_LR-00000002.pdf](http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf)
- [9] GEOOPTIC. [online]. Dostupné z: <https://www.geooptic.ru/product/taheometr-trimble-m3-dr-3-lp-m3-01-3100>
- [10] Trimble DiNi, GEOTRONICS Praha. *GEOTRONICS PRAHA - Váš GEOSHOP* [online]. Dostupné z: <https://geotronics.cz/geodezie/nivelace/digitalni-nivelacni-pristroje/trimble-dini/>
- [11] Precision Laser and Instrument, Inc. [cit.28.4.2019]. Dostupné z:  
<https://www.laserinst.com/trimble-td-25-leveling-rod/>

[12] NEVOSÁD, Z.; VITÁSEK, J. Geodézie III. Průvodce 01. Průvodce předmětem geodézie III. [Souřadnicové výpočty a geodetické sítě.] Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Brno : VUT v Brně, Fakulta stavební, 2005. 176 s. Edice Studijní opory. [AUTOR s. 1–56, S. 95–174.]

[13] HEJHÁLEK, Jiří.: Měřické systémy Trimble pro stavebnictví. Stavebni-technika [online]. 2010, [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/merickesystemy-trimble-pro-stavebnictvi>)

[14] 11.5. Metody nivelace *Katedra geomatiky, Fakulty aplikovaných věd, Západočeské univerzity v Plzni* [online], [cit.28.4.2019]. Dostupné z: <https://kgm.zcu.cz/studium/gen1/html/ch11s05.html>

[15] Groma - Geodetický software. [online], [cit.28.4.2019]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/cz/>



## 8 Seznam použitých zkratek

HMmB	Hybridní mapa města Brna
VUT FAST	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
GNSS	Globální navigační satelitní systém
RTK	Real time kinematic
VRS	Virtuální referenční stanice
ČSN	Česká státní norma
S – JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
VBP	Výškové bodové pole
PMS	Pomocná měřická síť
PMB	Pomocné měřické body

## 9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Lokalizace v rámci Brna [1] .....	11
Obrázek 2 - Katastrální území. Modře je hranice k.ú. Stránice, červeně zájmové ulice. [2] .....	11
Obrázek 3 – Historická fotografie ulic Jiříkovského a Údolní [4] .....	12
Obrázek 4 - Ulice Jiříkovského, Zachova a jejich blízké okolí.....	13
Obrázek 5 - Ulice Jiříkovského 1 .....	14
Obrázek 6 - Ulice Jiříkovského 2 .....	14
Obrázek 7 - Ulice Zachova .....	14
Obrázek 8 - Čokoládové lanýže Tereza .....	14
Obrázek 9 - Zobrazení využitého bodového pole v zájmové lokalitě [5] .....	17
Obrázek 10 - GNSS přijímač [7].....	19
Obrázek 11 - GNSS kontroler [6] .....	19
Obrázek 12 - Totální stanice [9].....	20
Obrázek 13 - Nivelační přístroj [10] .....	21
Obrázek 14 - Kódová teleskopická nivelační lať - upraveno [11] .....	21
Obrázek 15 - Návrh bodového pole – polygonový pořad a rajóny .....	23
Obrázek 16 - Návrh bodového pole – metoda GNSS .....	24
Obrázek 17 - Realizace bodového pole.....	25
Obrázek 18 - Měření metodou GNSS .....	26
Obrázek 19 - Ukázka dočasné stabilizace bodu č. 4003 měřickým hřebem a barvou .....	27
Obrázek 20 - Ukázka dočasné stabilizace bodu č. 4016 měřickým hřebem a barvou .....	27
Obrázek 21 – Technická nivelace – terénní měření .....	28
Obrázek 22 - Schématické zobrazení nivelačních pořadů č.1 a 2 .....	29
Obrázek 23 - Ukázka měřického náčrtu.....	31
Obrázek 24 - Ukázka geodetického údaje o bodu 4006.....	32
Obrázek 25 - Ukázka funkce Křovák v prostředí Groma v. 12.1.....	36
Obrázek 26 - Ukázka prostředí geodetického softwaru MGEO 18.04.11.....	41

## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rekognoskace polohového bodového pole.....	16
Tabulka 2- Rekognoskace výškového bodového pole .....	17
Tabulka 3 - Použité kódy při podrobném měření.....	31
Tabulka 4 - Ověření délek mezi pomocnými měřickými body.....	33
Tabulka 5 - Rozdíl mezi výškami pomocných měřických bodů.....	35
Tabulka 6 - Vypočtené souřadnice pomocných měřických bodů (X a Y – metodou GNSS, Z – technickou nivelací) .....	35
Tabulka 7 - Kritéria pro třetí třídu přesnosti dle ČSN 01 3410.....	37
Tabulka 8 - Ověření přesnosti výšek podrobných bodů.....	38
Tabulka 9 - Výsledky testování přesnosti výšek podrobných bodů.....	38
Tabulka 10 - Ověření polohové přesnosti podrobných bodů .....	39
Tabulka 11 - Výsledky testování přesnosti X, Y podrobných bodů .....	39

# 11 Seznam příloh

- 1\_ Zapisníky
  - 1.1\_ Nivelační přístroj
    - 1.1.1\_ Výsledky\_nivelace.pdf (E)
    - 1.1.2\_ Zapisník\_nivelace.xlsx (E)
  - 1.2\_ Totální stanice
    - 1.2.1\_ TS\_Zapisník\_identické\_body.pdf (E)
    - 1.2.2\_ TS\_Zapisník\_podrobné\_body.pdf (E)
- 2\_ Výpočetní protokoly
  - 2.1\_ GNSS
    - 2.1.1\_ GNSS\_Protokol.pdf (E)
    - 2.1.2\_ GNSS\_Protokol\_průměrování.pdf (E)
  - 2.2\_ Totální stanice
    - 2.2.1\_ TS\_Protokol\_identické\_body.pdf (E)
    - 2.2.2\_ TS\_Protokol\_podrobné\_body.pdf (E)
- 3\_ Seznamy souřadnic
  - 3.1\_ SS\_Pomocné měřické body.pdf (E)
  - 3.2\_ SS\_Podrobné body.pdf (E)
  - 3.3\_ SS\_Podrobné body budov.pdf (E)
- 4\_ Geodetické údaje
  - 4.1\_ Stávající bodové pole
    - 4.1.1\_ Polohové bodové pole
      - 583.pdf (E)
      - 609.pdf (E)
    - 4.1.2\_ Výškové bodové pole
      - JM-071-433.pdf (E)
      - JM-071-438.pdf (E)
      - JM-071-439.pdf (E)
  - 4.2\_ Pomocné měřické body
    - 4.2.1\_ Pomocné měřické body.dgn (E); Pomocné měřické body.pdf (E + T)
- 5\_ Měřické náčrty
  - 5.1\_ Konstrukční oměrné.pdf (E)
  - 5.2\_ Měřické náčrty.pdf (E)
  - 5.3\_ Přehled kladu měřických náčrtů.pdf (E)
- 6\_ Ověření přesnosti

- 6.1\_      Ověření přesnosti podrobných bodů.xlsx (E)
- 6.2\_      Ověření přesnosti podrobných bodů.pdf (E)
- 6.3\_      Ověření přesnosti PMB.pdf (E)
- 7\_        Přehledný náčrt PMS
  - 7.1\_      Přehledný náčrt PMS.dgn (E); Přehledný náčrt PMS.pdf (E+T)
- 8\_        Účelová mapa
  - 8.1\_      Účelová mapa – díl A.pdf (E+T)
  - 8.2\_      Účelová mapa – díl B.pdf (E+T)
  - 8.3\_      Účelová mapa\_3D.dgn (E)
  - 8.4\_      Výkres budov\_2D.dgn (E)
  - 8.5\_      Mapový rám\_2D.dgn (E)
- 9\_        Atributy prvků, datové soubory
  - 9.1\_      Tabulka atributů prvků.pdf (E)
  - 9.2\_      geo1000.cel (E)
  - 9.3\_      GEO.RSC (E)
- 10\_      Fotodokumentace